

CÁLCULO, DISEÑO Y FABRICACIÓN DE COLECTOR DE POLVO

AUTORES

SARA MARCELA ZAPATA VALENCIA

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA Y AFINES
TECNOLOGÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
MEDELLÍN
2013**

CÁLCULO, DISEÑO Y FABRICACIÓN DE COLECTOR DE POLVO

AUTORES

SARA MARCELA ZAPATA VALENCIA

ASESOR

LUIS CARLOS OLMOS VILLALBA

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA Y AFINES
TECNOLOGÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
MEDELLÍN
2013**

CÁLCULO, DISEÑO Y FABRICACIÓN DE COLECTOR DE POLVO

ASESOR

JURADO

MEDELLÍN 2013

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecerle a mi familia: mi abuela, mi madre, mi hermana y mis dos maravillosos tíos quienes con su apoyo incondicional y tenacidad hicieron que todo esto fuera posible, que lo que antes creía un sueño ahora es una realidad.

A mi novio que siempre ha estado ahí para darme su apoyo y acompañamiento en todo este proceso.

A la empresa Control de Emisiones S.A.S porque fue allí donde me dieron la oportunidad de crecer laboralmente, a todos mis compañeros y amigos de trabajo porque de cada uno aprendí cosas muy valiosas, a el ingeniero Carlos Mario Giraldo (el jefe) quien siempre estuvo dispuesto a aclarar mis dudas y transmitirme su conocimiento.

A el ingeniero Juan Pablo Echavarría porque dedicó mucho de su conocimiento y tiempo en la realización de mi trabajo.

A Luis Carlos Olmos mi asesor de grado quien con su buena actitud siempre estuvo ahí para ayudarme.

A la Institución Universitaria Pascual Bravo y todas las personas que allí laboran porque me guiaron en este camino.

Gracias infinitas a todos inclusive a las personas que no alcance a mencionar porque por todo su apoyo este sueño ahora está materializado.

CONTENIDO

1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	12
2. JUSTIFICACIÓN.....	13
3. OBJETIVOS	15
3.1. General.....	15
3.2. Específicos	15
4. REFERENTES TEÓRICOS	11
4.1. Tipos de colectores de material particulado	12
4.1.1. Ciclones	12
4.1.2. Precipitadores electrostáticos	13
4.1.3. Filtros de cartuchos.....	14
4.1.4. Filtros de mangas	14
4.2. Tipos de filtros de mangas	16
4.2.1. Filtros de magas de sacudido	16
4.2.3. Filtros de mangas de aire reverso.....	17
4.1.4. Filtros de mangas pulse-jet	18
5. METODOLOGÍA PARA CÁLCULO DE FILTRO COLECTOR DE POLVO.20	
5.1 Selección del ventilador	20
5.2. Velocidad de filtración	21
5.3 Relación aire tela	21
5.4. Dimensionamiento de mangas.....	22
5.4.1. Selección de textiles para fabricación de las mangas	23
5.4.3. Selección de canastillas	25
5.4.4. Fijación de las mangas	26
5.5. Selección de la tolva de descarga.....	27
5.6. Cámara de aire limpio	28
5.7. Diseño de ductos	28
5.7.1. Cambios de presión en el sistema	28
5.7.2. Determinación del tamaño del ducto	28
5.8. Control de limpieza	30
5.8.1. Secuencia de pulsos	31

5.8.2. Ciclos de pulsación	31
5.8.3. Diafragmas y válvulas solenoides	31
5.9.4. Válvula de purga	32
6. RESULTADOS	33
6.1. Dimensiones del cuerpo.....	33
6.1 Selección del ventilador	33
6.2. Relación aire tela	34
6.3. Dimensionamiento de mangas.....	35
6.4. Selección de canastillas.....	35
6.5. Selección de la tolva de descarga.....	36
6.6. Diseño de ductos	36
6.6.1 Determinación del tamaño del ducto de succión	37
6.3. Control de limpieza	37
6.3.1. Secuencia de pulsos	38
6.3.2. Ciclos de pulsación	38
6.3.3. Diafragmas y válvulas solenoides	39
7. CONCLUSIONES	42
8. RECOMENDACIONES.....	43
BIBLIOGRAFÍA.....	44

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Colector de polvo Silo P. Galicia. Tomada de Control de Emisiones S.A.S. [11].	12
Figura 2 funcionamiento de ciclón. [12].	13
Figura 3. Precipitador electrostático [12].	14
Figura 4. Filtro de cartuchos [12].	14
Figura 5. Elementos mecánicos de un filtro de mangas [12].	15
Figura 6. Filtro de mangas de sacudido. [12].	17
Figura 7. Filtro de mangas de aire reverso [12].	17
Figura 8. Filtro de mangas tipo pulse jet. [12].	18
Figura 9. Ventilador centrífugo [11].	21
Figura 10. Costuras al momento de ubicar las mangas. [12].	23
Figura 11. Pellizco para mangas. [12].	23
Figura 12. Número de mangas por columna. [12].	25
Figura 13. Canastilla para mangas. [12].	26
Figura 14. Tipos de canastillas [12].	26
Figura 15. Fijación de mangas con fleje metálico. [12].	27
Figura 16. Fijación de mangas con fleje metálico. [12].	27
Figura 17. Tolva. [12].	27
Figura 18. Relación r/D de codos en ductos	29
Figura 19. Pendientes en ductos para caliza, cemento y clínker [12].	29
Figura 20. Diseño de ductos. [12].	30
Figura 21. Limpieza por aire comprimido para pulse-jet. [12].	30
Figura 22. Secuencia incorrecta y correcta de pulsación	31
Figura 23. Válvula de purga. [12].	32
Figura 24. Cuerpo del colector	33
Figura 25. Ventilador seleccionado	34
Figura 26. Mangas	35
Figura 27. Canastillas	36
Figura 28. Ángulo de la tova fabricada	36
Figura 29. Succión fabricada	37
Figura 30. Sistema de almacenamiento y suministro de aire	38
Figura 31. Válvula de disparo Asco. [13].	39
Figura 32. Colector de polvo Fabricado	41
Figura 33. Soldado de estructura	51
Figura 34. Pulido de estructura	51
Figura 35. Montaje de succión, pulmón y acople del ventilador	52
Figura 36. Fijación de flautas	52
Figura 37. Fijación de espejo y ubicación de mangas	53
Figura 38. Aplicación de pintura	53
Figura 39. Instalación de motor ventilador	54

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Comparación entre diferentes tipos de colectores [12].....	16
Tabla 2. Comparación entre diferentes tipos de filtros de mangas [12]	19
Tabla 3. Relaciones aire tela estándares para filtros de mangas [12].	21
Tabla 4. Acabados para fibra de vidrio. [12].....	24
Tabla 5. Características de los tipos de fibras [12].....	24
Tabla 6. Características de cuerpo de colector	33
Tabla 7. Características del motor	34
Tabla 8. Relaciones aire tela estándares para filtro tipo pulse-jet	34
Tabla 9. Características de mangas filtrantes	35
Tabla 10. Secciones de la succión.....	37
Tabla 11. Características de válvula Asco. [13].	39
Tabla 12. Características principales colector fabricado	40

LISTADO DE ANEXOS

Anexo 1. Planos Colector de polvo.....	51
Anexo 2. Evidencia de la fabricación del colector de polvo.....	56

RESUMEN

Teniendo en cuenta la necesidad que tienen las industrias de generar procesos con menos pérdidas y sin aumentos en los costos de producción, se han venido implementando procesos de colección de material particulado (colectores de polvo) que además de recuperar material valioso, cumple un importante papel en la mitigación de la contaminación ambiental.

Dadas estas condiciones se diseñó, calculó y fabricó un colector de polvo del tipo pulse-jet, este proceso consta de las siguientes etapas: Identificación de material a filtrar, cálculo de velocidad del aire a filtrar, selección de dimensiones estructurales del equipo, selección de mangas y canastillas, diseño de ductos de succión, elección y cálculo de sistemas de control de limpieza.

La fabricación se llevó a cabo siguiendo los estándares que han ido reglamentando las empresas según sus experiencias y normas ambientales.

ABSTRACT

Keeping in the mind the need that industries have in generating processes with fewer losses and avoiding increments in the cost of production, we have seen processes being implanted in which material gets collected such as dust collectors and recovery methods to recover valuable material and help the important role of taking care of the environment.

Given these conditions, it has been designed, calculated and fabricated a dust collector type Jet-Pulse. This process consists of the following: Air speed calculation when filtering, choice of structural dimensions of the equipment, choice of sleeves and baskets, duct suction design, choice of cleaning control system.

The manufacturing took place according to the standards that have been regulated by companies according to their experiences with environmental rules and laws.

INTRODUCCIÓN

La captación de partículas presenta una problemática muy variable en los distintos procesos industriales que generan emisión a la atmosfera. La recuperación de productos provenientes del aire cargado de material particulado es de vital importancia para cualquier empresa para evitar la polución y aumentar el rendimiento de la planta.

Los filtros de mangas son uno de los equipos más representativos de la separación sólido (material particulado)-gas (aire) mediante un medio poroso: aparecen en todos aquellos procesos en los que sea necesaria la eliminación de partículas sólidas de una corriente gaseosa. Eliminan las partículas sólidas que arrastra una corriente gaseosa haciéndola pasar a través de un tejido. [1].

En Colombia existen compañías dedicadas a la ingeniería, fabricación, montaje y mantenimiento de equipos para procesos industriales de manejo de materiales sólidos y sistemas de control de contaminación para material particulado entre las cuales se destacan:

Ingemol S.A: desde 1977 ha diseñado, desarrollo e implementado sistemas para el control de la contaminación ambiental, con experiencia en el área de ventilación depuración atmosférica y control ambiental. [2].

D&F S.A.: fundada en 1990 con amplia experiencia en el área metalmecánica dedicada a la ingeniería, fabricación, montaje y mantenimiento de equipos para procesos industriales, ha desarrollado proyectos tales como: Sistemas de control de contaminación, transporte neumático, equipos para manejo y almacenamiento de materiales sólidos, equipos para secado de material e intercambiadores de calor, estructuras soporte, plataformas de mantenimiento, pasamanos, escaleras, etc. [3]

Industrias protón Ltda: Fundada en 1958 una empresa dedicada al diseño, fabricación y servicio técnico especializado de maquinaria industrial con altos estándares de calidad, para suministrar soluciones eficientes a la industria nacional e internacional [4].

Ingeaire: Se dedica a la comercialización, diseño, fabricación, montaje y servicio posventa de equipos e insumos de ventilación, sistemas de control de ruido y contaminación del aire.

La empresa Control de Emisiones S.A.S tiene entre sus ideales tiene dedicarse también al diseño de colectores de polvo usados en la industria cementera y concretera. [5]

1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La contaminación del aire y del medio ambiente es producida por agentes químicos, físicos o biológicos que modifican las características naturales de la atmósfera. Aparatos domésticos, vehículos de motor de combustión, instalaciones industriales e incendios forestales son fuentes comunes de contaminación del aire. Los contaminantes de mayor preocupación para la salud pública incluyen material en partículas, monóxido de carbono, ozono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre. [6].

Además de provocar daños gravísimos al medio ambiente la emisión de material particulado, en este caso cemento puede ser causal de enfermedades de alto riesgo para el ser humano como es la silicosis que se produce por la inhalación de dióxido de silicón en forma de cristal uno de los componentes principales del cemento, infecciones en la piel provocadas por el contacto con el material abrasivo y afecciones pulmonares. [7]. Entonces de todo esto viene la incógnita de las industrias, ¿por qué no hacer un correcto manejo de las emisiones?

2. JUSTIFICACIÓN

La contaminación atmosférica en Colombia es generada por fuentes móviles y fijas que aportan partículas suspendidas y gases, entre ellos óxidos de nitrógeno y azufre, monóxido de carbono, dióxido de carbono, e hidrocarburos. Los niveles de contaminantes del aire de las ciudades donde se concentran los principales corredores industriales, superan en muchos casos las normas existentes. A nivel nacional las fuentes móviles contribuyen con el mayor porcentaje de gases contaminantes como el monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC) y los óxidos de nitrógeno (Nox), que representan un 60% del total de emisiones. Tienen por origen, entre otras causas, los procesos incompletos de combustión, la edad avanzada del parque automotor y el crecimiento del mismo a una tasa estimada del 8% anual, la cantidad y composición de la oferta de combustibles, el mal estado de la red vial, el bajo mantenimiento realizado a los vehículos, el desestimulo a medios alternativos de transporte y las pocas acciones del gobierno nacional en materia de control de la contaminación. [8]

Por su parte las fuentes fijas y de área, emiten el 99% del material particulado (minería, térmicas y quemas abiertas) y de los óxidos de azufre (Sox) (principalmente generación termoeléctrica y cerca de las 5.600 fuentes fijas, de las cuales el 80% se concentra en los corredores industriales). Así mismo, el 73% de los óxidos de nitrógeno y en menor proporción participan en los aportes de hidrocarburos (27%) y de monóxido de carbono [8]

El incremento acelerado de normas legales aplicables a la protección del medio ambiente ha hecho de éste tema parte fundamental en la adopción de medidas que disminuyan la emisión de material particulado tanto en países desarrollados como en países que están en vía de desarrollo.

En el protocolo de Kioto asumido en 1997, uno de los objetivos era tratar de frenar el cambio climático por medio de la contención de los gases que aceleran el calentamiento global, hasta la actualidad 163 países se han acogido a la Reducción de emisiones certificadas (CERS). Establecida en la política de mecanismo de desarrollo limpio (Artículo 12 Protocolo de Kioto). [9].

En Colombia la entidad encargada de la vigilancia y verificación del cuidado del medio ambiente es el Ministerio de Medio Ambiente en la cual mediante la resolución 0909 de 2008 establece las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones. [8].

La Política de producción más limpia es una de las más importantes adoptadas en el país y se basa en la premisa “Qué podemos hacer para no generar residuos”, principio de prevención y avance ambiental frente al método de hace 15 años de “el que contamina paga” o métodos conocidos como “final del tubo”. [10].

Sobre el principio de prevención se fundamenta la producción más limpia en la práctica, la decisión de invertir en esta producción, depende de la relación costo-beneficio: los costos disminuyen significativamente en el tiempo debido a los beneficios generados en eficiencia de los procesos, ahorros en el consumo de materias primas, energía, disminución de residuos y emisiones contaminantes. Entre las principales razones que motivan a los gremios, empresarios, sectores productivos y regiones a adoptar medidas de prevención y políticas de producción más limpia son:

- Amigable con el medio ambiente
 - Estrategia de Desarrollo Sostenible
 - Mejora la competitividad
 - Garantiza continuidad de la actividad productiva
 - Mejora la eficiencia en los procesos productivos (y de servicios)
 - Ayuda a cumplir la normatividad ambiental
 - Disminuye inversiones en sistemas de control al final del tubo (o del proceso)
- [10].

3. OBJETIVOS

3.1. General

Diseñar e implementar un equipo de control ambiental para procesos productivos, de transporte neumático y desfogue de contenedores el cual permita disminuir significativamente la contaminación del medio ambiente por la emisión de material particulado, obedeciendo así con las políticas internacionales relacionadas con la emisión y contaminación.

3.2. Específicos

Seleccionar un equipo de control ambiental (filtro de mangas) mediante el cual pueda ser observado el proceso de limpieza de aire utilizado en las industrias productoras como control de contaminación

Calcular y realizar la construcción de un equipo colector de polvo (filtro de mangas), ductos, chimenea e instalación de acometida neumática y eléctrica.

Puesta en marcha del equipo con sus respectivos accesorios, corrección de errores y verificación del correcto funcionamiento del sistema

4. REFERENTES TEÓRICOS

Algunas de las empresas que han implementado la reducción de la contaminación ambiental por medio de colectores de polvo (filtros de mangas) en el país son:

Concretos Argos S.A. (Z. Norte, Z. Centro, Z. Suroccidente y Z. Noroccidente)

Cementos Argos S.A. (Planta Cairo, Planta Rioclaro y Planta Yumbo)

Holcim Colombia S.A. Concretos-Planta Bello.

Canteras de Colombia S.A. Bello-Antioquia

Concremovil Ltda. Bogotá

Nubiola Colombia Pigmentos S.A. Girardota-Antioquia

Industrias Metalúrgicas S.A IMUSA.

Gasteco.

Sika.

Empresa de Refractarios Colombianos S.A.

Brinsa S. A Zipaquirá- Cundinamarca

Cemex La Calera- Cundinamarca.

En la industria colombiana también se han creado compañías con el fin de brindar asistencia en todo lo relacionado al diseño y mantenimiento de equipos de control de contaminación (colectores de polvo) entre las cuales se mencionamos una:

Control de Emisiones es una empresa ubicada en la ciudad de Medellín especializada en el diseño, calculo, fabricación y mantenimiento de equipos de control de contaminación con gran recorrido en diversas industrias Colombianas principalmente en la cementera teniendo como principal cliente a cementos y concretos Argos [11].



Figura 1. Colector de polvo Silo P. Galicia. Tomada de Control de Emisiones S.A.S. [11].

En la industria cementera son usados varios tipos de filtros colectores de polvo los cuales desabriremos brevemente:

4.1. Tipos de colectores de material particulado

Los colectores de polvo se pueden clasificar en 4 grupos de los cuales se hace énfasis a continuación:

Por su principio de operación:

4.1.1. Ciclones

Son colectores centrífugos donde la entrada de partículas en tangencial al cuerpo del cono, forzando el material hacia la parte externa lo que disminuye la velocidad del aire y propicia el desprendimiento de partículas, muchas veces los ciclones se instalan en zonas donde se mueven o descargan grandes cantidades de partículas, para reducir la cantidad de material que va al filtro de mangas. El promedio de eficiencia de un ciclón es aproximadamente 65% cuando filtra partículas de 40 micras en tamaño, con una pérdida de carga entre 20 y 40 mm cda. (Milímetros de columna de agua) [12]

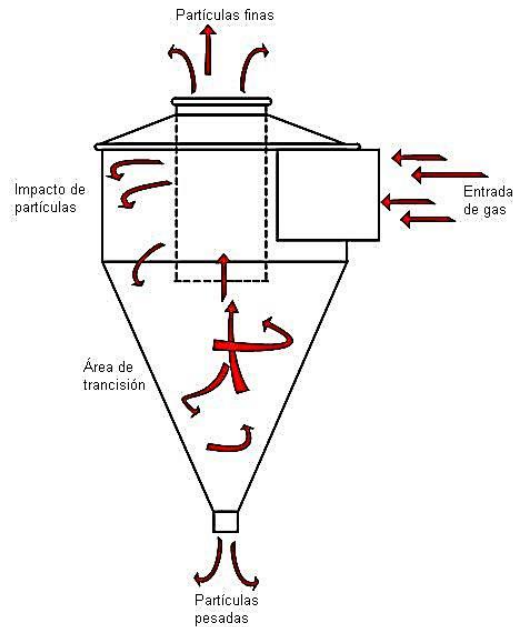


Figura 2 funcionamiento de ciclón. [12]

4.1.2. Precipitadores electrostáticos

En este tipo de colector, los gases cargados pasan a través del precipitador electrostático, donde las partículas se cargan eléctricamente. A un potencial crítico, las moléculas de gas se descomponen en iones positivos y negativos por ionización y ocurre cerca del electrodo de descarga o en el mejor de los casos en el electrodo de descarga.

Los iones con la misma polaridad que los electrodos de descarga, se adhieren a las partículas neutras contenidas en el gas y son atraídas por el electrodo colector por ser de polaridad opuesta.

En el momento del contacto de la partícula con el electrodo, pierde su carga y puede ser retirada fácilmente. Como en los colectores o filtro de mangas, los precipitadores son extremadamente eficientes y se usan por lo general en las industrias del cemento, electricidad, pulpa, papel y acero. [12].

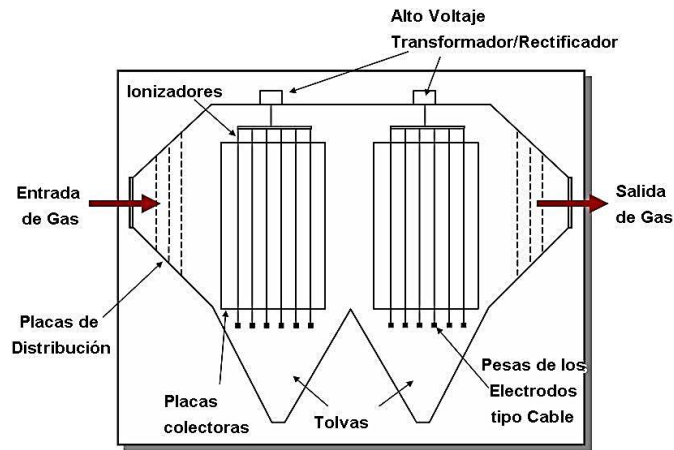


Figura 3. Precipitador electrostático [12]

4.1.3. Filtros de cartuchos

Los sistemas de cartuchos funcionan usando medios filtrantes con pliegues de aproximadamente 60 a 90cm de largo, hechos de papel. Los colectores de cartuchos se usan típicamente en procesos industriales de menor volumen, con flujos de gases inferiores a $700 \text{ m}^3/\text{h}$. (Ver figura 4.) [12]

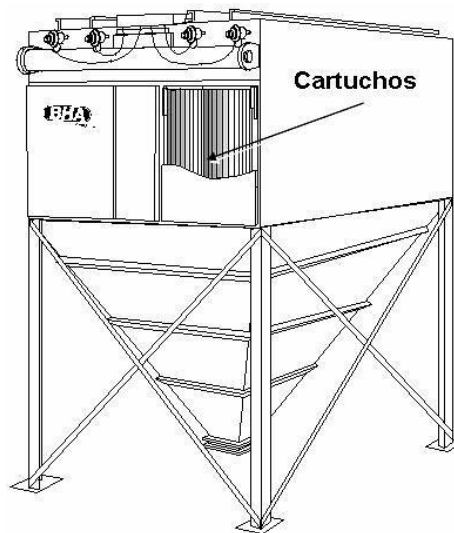


Figura 4. Filtro de cartuchos [12]

4.1.4. Filtros de mangas

Los filtros de mangas son aparatos de los llamados filtros por vía seca. Son los filtros o instalaciones para control de contaminación de aire más eficaces ya que permiten cumplir las más estrictas normativas en cuanto a niveles de

emisión de partículas sólidas, Con un correcto diseño, su utilización no compromete la cantidad ni la calidad de la producción, permitiendo realizar su mantenimiento sin afectar al proceso productivo de la fábrica. Los filtros de mangas son estructuras metálicas cerradas en cuyo interior se disponen los genéricamente llamados elementos filtrantes textiles, que según sea el diseño del constructor, tienen formas tubulares llamados mangas, o bien formas rectangulares y se llaman sacos o bolsas. [12]

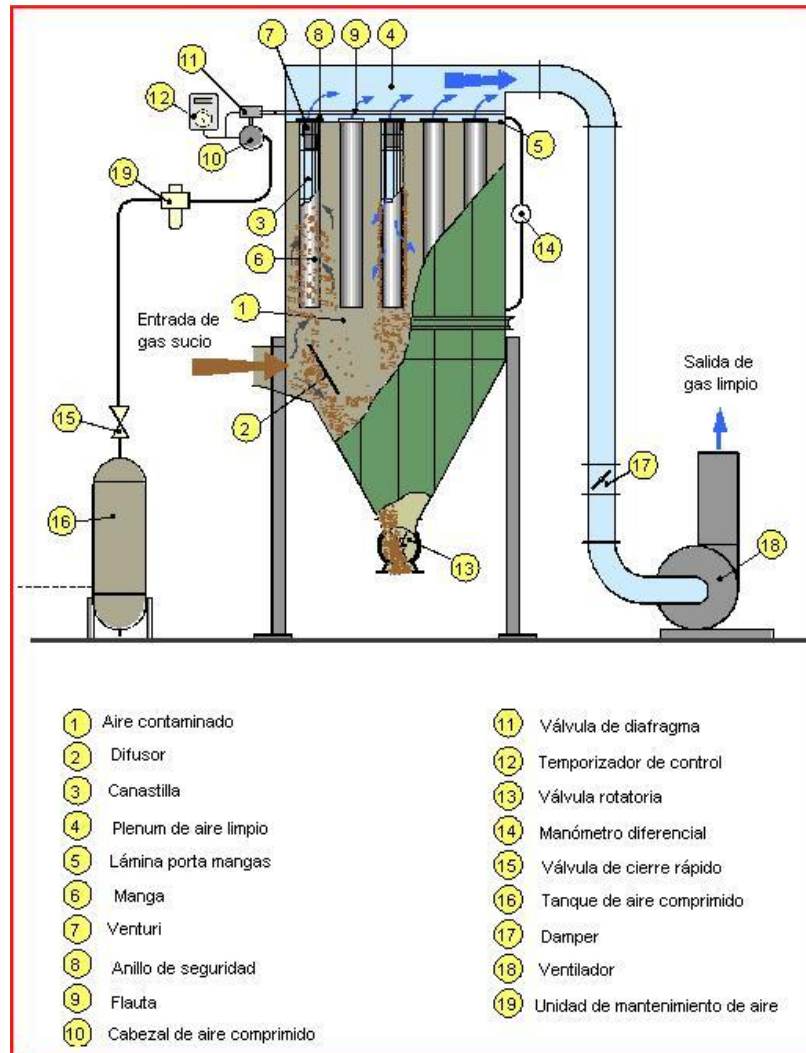


Figura 5. Elementos mecánicos de un filtro de mangas [12]

Tabla 1. Comparación entre diferentes tipos de colectores [12]

	Pesos	Ciclones	Precipitador electrostático	Filtro de mangas	Filtro de cartucho
Costo de inversión (alto-1, medio 0, bajo 1)	3	0	-1	1	1
Aplicación para filtro auxiliar (si: 1, no: 0)	7	0	0	1	1
Continuidad durante limpieza (si: 1, no: 0)	5	0	1	1	1
Volumen aire permisible (menor volumen -1, medio 0, mayor volumen +1)	4	1	1	1	0
Aspectos secundarios de limpieza (dificultad en limpieza -1, normal 0, facilidad +1)	1	-1	0	1	1
Consumo de agua (mayor consumo -1, normal 0, menor consumo +1)	2	1	1	1	1
Eficiencia (menos eficiente -1, medio 0, más eficiente +1)	6	0	1	1	1
TOTAL		5	14	28	24

4.2. Tipos de filtros de mangas

Existen tres tipos de filtros de mangas: de sacudido, aire reverso y pulse jet.

4.2.1. Filtros de magas de sacudido

Este tipo de filtros colectan el polvo en el interior. La estructura generalmente tiene dos o más compartimientos para permitir que uno de ellos pueda desconectarse para su limpieza. Las mangas filtrantes cuelgan de forma vertical en filas con la parte superior cerrada, permitiendo así que se conecten al mecanismo de sacudido a lo ancho del colector. La parte inferior de las mangas está abierta y se conecta a la placa portamangas.[12]

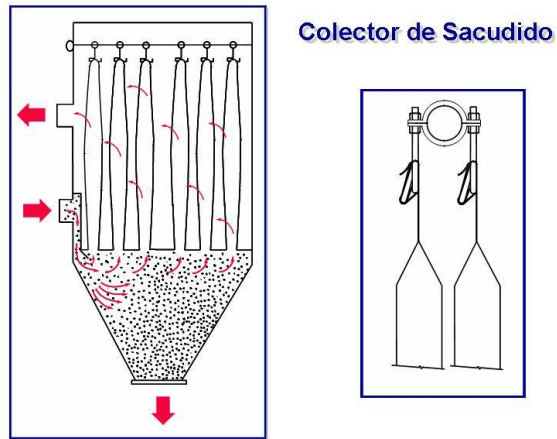


Figura 6. Filtro de mangas de sacudido. [12]

4.2.3. Filtros de mangas de aire reverso

La estructura de los filtros de mangas generalmente está constituida de varios compartimientos que permiten su aislamiento durante el ciclo de limpieza. En un sistema de aire reverso, el gas cargado de polvo entra a través de la parte inferior del filtro y es dirigido hacia las mangas filtrantes por medio de deflectores. Las partículas se recogen en el interior de las mangas que cuelgan verticalmente, mientras que el aire limpio se encuentra en el exterior de las mangas.

Normalmente, las mangas en colectores de aire reverso son muy grandes y tienen anillos de soporte cosidos en la parte exterior para evitar el colapso de las mismas durante el proceso de limpieza. [6]

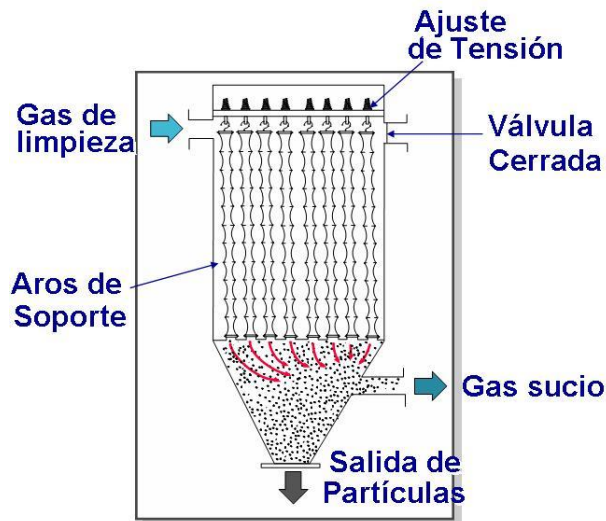


Figura 7. Filtro de mangas de aire reverso [12]

4.1.4. Filtros de mangas pulse-jet

Este tipo de filtros, permite una mejor cantidad de aire con igual área en el colector, es decir mayor relación de aire-tela. El sistema pulse-jet funciona generalmente con una relación de aire a tela de $1.2-1.8\text{m}^3/\text{m}^2/\text{min}$. Esto significa que la estructura general del filtro es de menor tamaño, lo que lo hace más económico al construirse.

El aire sucio entra al sistema y es filtrado depositando el polvo en la superficie externa de la manga. Durante el ciclo de limpieza, el polvo se desaloja usando un chorro de aire comprimido que se inyecta en la parte superior de las mangas filtrantes.

Este aire se proporciona a través de un tubo con boquillas que alimenta los venturitis localizados en la parte superior de las bolsas. El chorro de aire a alta presión interrumpe el flujo normal de aire a través del filtro. También crea una onda que al desplazarse a lo largo de la manga hace que esta se flexione, rompiendo la capa de polvo que cae hacia la tolva.

En muchos casos, el venturi se usa para aumentar la velocidad del chorro de aire creando un impulso suficientemente grande para que pueda desplazarse a lo largo de la manga y regresar al punto de origen. El ciclo de limpieza para filtros pulse-jet debe estar diseñado para producir un impulso corto y conciso para lograr una limpieza eficaz. La duración de éste es de 0,10 a 0,15 segundos usando presiones de pulsación de 4-7 bar (60-100psi).

La frecuencia de limpieza es un factor de importancia para la retención de cierta capa de polvo sobre la manga. Los intervalos entre los ciclos de limpieza pueden variar de 1 a 30 segundos o más. La frecuencia debe adaptarse para mantener la presión diferencial entre 2 y 6 pulgadas de agua. [12]

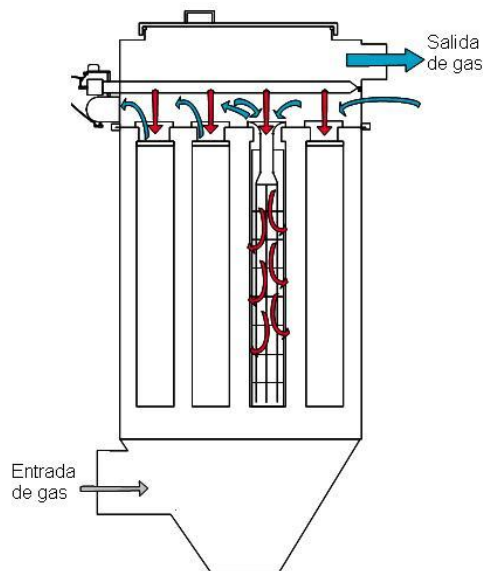


Figura 8. Filtro de mangas tipo pulse jet. [12]

Este sistema no tiene partes móviles, y limpia continuamente sin necesidad de aislamiento. Sin embargo, debido a la presión de aire que se utiliza, es necesario escoger textiles con mayor estabilidad dimensional y resistencia a la tensión. [12]

Tabla 2. Comparación entre diferentes tipos de filtros de mangas [12]

	Pesos	Sacudido	Aire reverso	Pulse-Jet
Cantidad de compartimentos (1: 1, 2: 0, mas de dos: -1)	3	0	-1	1
Limpieza continua en línea (si: 1, fuera de línea: 0, no: -1)	8	-1	0	1
Acumulación de material en salida (si: -1, no: 1)	1	-1	1	1
Mayor necesidad me mantenimiento (si: -1, no: 1)	6	-1	0	1
Fallo de mangas (alto:-1, medio:0, bajo: 1)	7	-1	0	1
Tamaño de mangas (pequeñas: 1, grandes: -1)	3	1	-1	1
Relación aire tela (mayor: 1, menor: -1, media: 0)	6	0	-1	1
Tamaño del filtro (compacto: 1, grande: -1)	4	1	-1	1
TOTAL		-16	-13	36

5. METODOLOGÍA PARA CÁLCULO DE FILTRO COLECTOR DE POLVO

La metodología empleada en este trabajo se presenta mediante una serie de pasos que sintetizan la selección, diseño y fabricación de cada uno de los elementos del sistema colector de polvo.

5.1 Selección del ventilador

El ventilador es el corazón del sistema. Controla el flujo de gas en el punto de generación de la contaminación y en el resto del sistema y sus componentes.

Existen 2 tipos de ventiladores: axiales y centrífugos. En sistemas de control de la contaminación, los ventiladores centrífugos son los mayormente utilizados. [12]

Al momento de escoger un ventilador para una determinada aplicación hay que tomar en consideración diversos factores, tales como los requisitos de caudal y presión con que debe circular el aire, la temperatura de la operación y la altitud de la instalación. Además hay que tener muy claro el tamaño, el número de revoluciones a las que debe girar el rotor, la potencia que debe ser entregada a su eje, el rendimiento con el que funciona, la disposición de la transmisión y el ruido generado.

En vista de lo anterior, ¿qué conviene más: un ventilador axial o uno centrífugo?

En muchas aplicaciones la elección entre uno u otro es sencilla, pero en otras es sólo sutil, ya que pueden emplearse los dos tipos. En este último caso, los principales criterios que hay que tener en cuenta para optar por alguno de ellos son, principalmente, los siguientes:

Polvo: Los ventiladores centrífugos presentan una mayor resistencia a la erosión que provoca el polvo en suspensión, y pueden equiparse con camisas de gran tamaño y/o revestimientos especiales.

Altas temperaturas: Los ventiladores centrífugos pueden tolerar las fluctuaciones de temperatura y condiciones de calor mucho más elevadas que los ventiladores axiales de paso variable. [13]

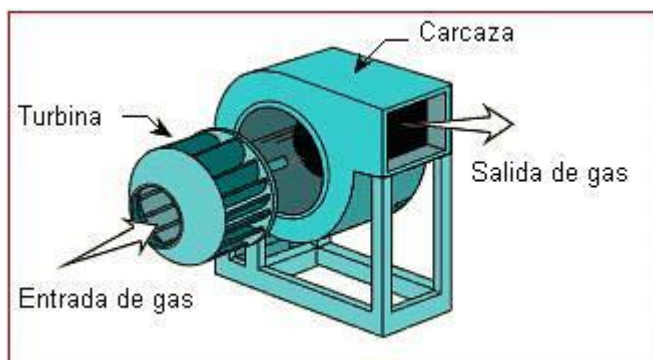


Figura 9. Ventilador centrífugo [11].

5.2. Velocidad de filtración

La máxima velocidad de filtración permitida depende de la resistencia al flujo otorgado por la capa de material recolectado que se forma en la manga y por la habilidad del sistema de limpieza de las mangas. Es necesario controlar los aumentos de la presión diferencial, que aumenta cuando:

- Aumenta la velocidad de filtración
- Aumenta el espesor de la capa de polvo en las mangas
- Es mayor la finura del polvo
- Es mayor la humedad del polvo
- Es mayor el tiempo de servicio de las mangas

Para una efectiva limpieza de las mangas, es necesario que exista un flujo de gas reverso hacia las mangas; esto se puede conseguir con alta presión de limpieza en los filtros pulse-jet, o también con grandes volúmenes de gas fluyendo en la dirección contraria, como los filtros de aire reverso. Cuando la presión diferencial a través de las mangas es muy alta, la limpieza es insuficiente, logrando que las mangas se taponen rápidamente. [12].

5.3 Relación aire tela

Es la relación utilizada para medir la cantidad de tela filtrante disponible para filtrar un volumen de aire dado a un caudal específico. [12].

Tabla 3. Relaciones aire tela estándares para filtros de mangas [12].

Tipo de filtro según mecanismo de limpieza	Rango estándar permitido (m ²)	Relación aire tela (m ³ /m ² /min)
Filtro de sacudido	0.75-0.90	2.5-3.0:1
Filtro de aire reverso	0.60-0.75	2.0-2.5:1
Filtro pulse-jet	1.50-1.80	5.0-6.0:1

Para determinar la relación aire tela utilizamos las siguientes ecuaciones:

$$A/T = \frac{Q \left[\frac{m^3}{\text{min}} \right]}{A_T [m^2]} \quad (1)$$

Siendo:

Q = es el caudal de diseño del colector y del sistema

A_T = es el área total filtrante que viene dada por:

$$A_T = \pi \times C_m \times D_m \times L_m \quad (2)$$

Siendo:

C_m = la cantidad de mangas en el filtro

D_m = el diámetro de las mangas

L_m = la longitud de las mangas.

5.4. Dimensionamiento de mangas

Las dimensiones de las mangas dependen de la eficiencia de limpieza y de las dimensiones de la cámara de filtrado. Generalmente el diámetro de las mangas se encuentra entre los 120mm y 160mm. Por efectos de estandarización por parte de los proveedores de mangas, la mayoría de los filtros deben coincidir de cierta manera para que solamente una medida y tipo de mangas sea utilizado. [12].

A medida que aumenta la longitud de las mangas es posible que no queden perfectamente verticales en el montaje, causando que se toquen las mangas en la parte inferior de ellas, provocando desgaste debido a la fricción; además, las mangas más largas son más difíciles para limpiar en caso de que un agujero sea la causa del ingreso de polvo a la manga.

Se recomienda cumplir la siguiente relación para evitar el problema descrito anteriormente:

$$\frac{L_m [m]}{D_m [m]} \leq 25 \quad (4)$$

Siendo:

L_m = la longitud de la manga

D_m = el diámetro de la manga.

En cuanto a las costuras de las mangas, deben ser colocadas a 45° con respecto al pasillo entre mangas debido a que por efectos del sacudido durante la limpieza, las mangas tienden a generar un movimiento leve hacia el lado opuesto de la costura. Al colocar las mangas a 45°, tenemos una mayor distancia entre los lados opuestos de las costuras, evitando el contacto entre ellas. [12].

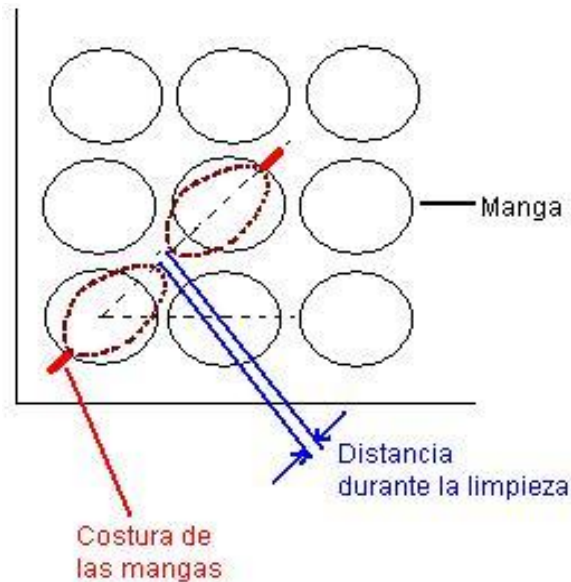


Figura 10. Costuras al momento de ubicar las mangas. [12].

Otro punto importante es el denominado “pellizco”. Este pellizco es necesario para que la manga tenga facilidad de movimiento ligero durante la limpieza. Si se mantuviera rígida por falta del pellizco, el aire de limpieza a alta presión no sería suficiente para generar una onda en reacción al pulso de aire. [12].

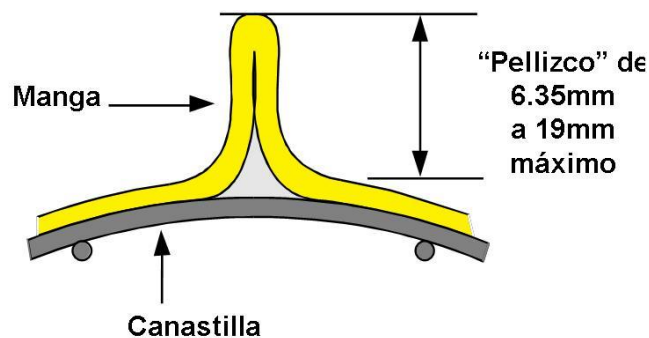


Figura 11. Pellizco para mangas. [12].

5.4.1. Selección de textiles para fabricación de las mangas

La selección de la tela es uno de los aspectos más importantes para la operación de cualquier filtro de mangas. Dependiendo de la selección, el sistema funcionará correctamente durante la operación o presentará problemas,

Los aspectos que hay que tener en cuenta para la elección de la tela filtrante son.

- Tipo de colector, particularmente su tipo de limpieza

- Nivel de humedad
- Temperatura
- Composición química de la mezcla gas/polvo
- Abrasividad del material

Además, el medio filtrante debe satisfacer las siguientes condiciones:

- Alta permeabilidad, para menores pérdidas
- Gran capacidad para soportar esfuerzos
- Estabilidad térmica a temperatura de operación
- Estabilidad dimensional [12]

Tabla 4. Acabados para fibra de vidrio. [12].

Acabado	Finalidad del acabado
SILICONADO Teflón (SGT)	Protege los hilos de la fibra de vidrio de la abrasión, añade lubricidad
RESISTENTE ACIDO	Protege la manga del ataque acido
TEFLÓN B	Proporciona una mejor resistencia a la abrasión y limitada a la resistencia química
BLUE-MAX CRF-80	Proporciona una mejor resistencia a ácidos y favorece el desalajo de la capa de polvo, brinda resistencia superior a la abrasión y al ataque alcalino. Mejora el encapsulamiento de la fibra

Tabla 5. Características de los tipos de fibras [12].

Variables	Poliéster	Acrílico	Fibra de vidrio	Nomex	Ryton	P84
Temperatura máxima de operación	275° F (134C°)	285° F (140°C)	500° F (259° C)	375° F (190°C)	375° F (190°C)	500° F (259° C)
Abrasión	Excelente	Bueno	Regular	Excelente	Bueno	Regular
Absorción de energía	Excelente	Bueno	Regular	Bueno	Bueno	Bueno
Propiedades de filtración	Excelente	Bueno	Regular	Excelente	Muy bueno	Excelente
Calor húmedo	Pobre	Excelente	Excelente	Bueno	Excelente	Bueno
Hidrólisis	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Alcalinos	Regular	Regular	Regular	Bueno	Excelente	Regular
Ácidos minerales	Regular	Bueno	Pobre	Regular	Excelente	Bueno
Oxígeno (15%+)	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Pobre	Excelente
Costo relativo	X	XX	XXX	XXXX	XXXXXX	XXXXXXX

Según las tablas anteriores se puede adquirir el criterio para la selección del tipo de material para la fabricación de la manga filtrante. [12].

Número de mangas por columna

El número máximo de mangas por columna no debe ser mayor a 15 o 16.

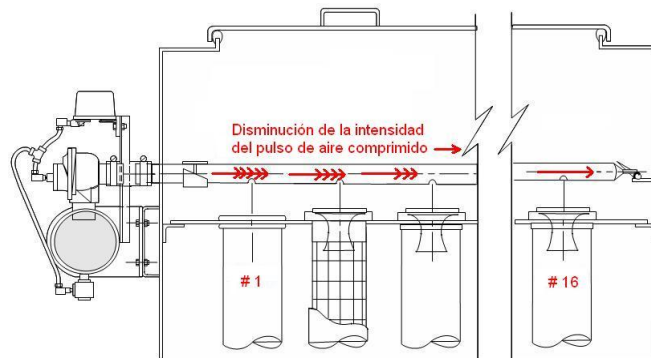


Figura 12. Número de mangas por columna. [12].

Mientras mayor sea el número de mangas, la longitud de la flauta que transporta el aire comprimido para la limpieza será mayor, y con esto las pérdidas serán mayores al llegar a la última columna de mangas, afectando la limpieza. Por esto se recomienda que el número máximo de mangas por columna sea 16. [12].

5.4.3. Selección de canastillas

Las canastillas son utilizadas con el fin de que en los periodos de limpieza o filtración, las mangas no colapsen manteniendo su forma cilíndrica a lo largo de la misma. Las canastillas son básicamente un alambrado, preferiblemente de una sola pieza y resistente a la corrosión, que tiene forma cilíndrica con anillos de forma circular a lo largo de la manga y con varillas verticales para completar la forma cilíndrica y poder alojarse dentro de la manga.

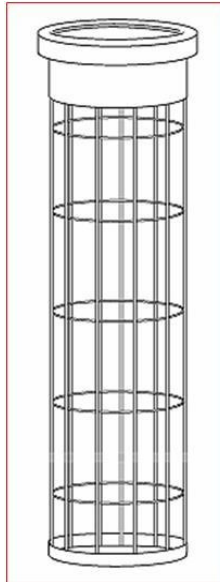


Figura 13. Canastilla para mangas. [12].

Por lo general, para mangas con diámetros menores a 160mm, la cantidad de varillas verticales estará entre 8 y 12; mientras que para mangas con diámetros mayores a 200mm, serán desde 16 hasta 20 varillas. Los tipos de canastillas de acuerdo a su parte superior, se indican a continuación: [12]

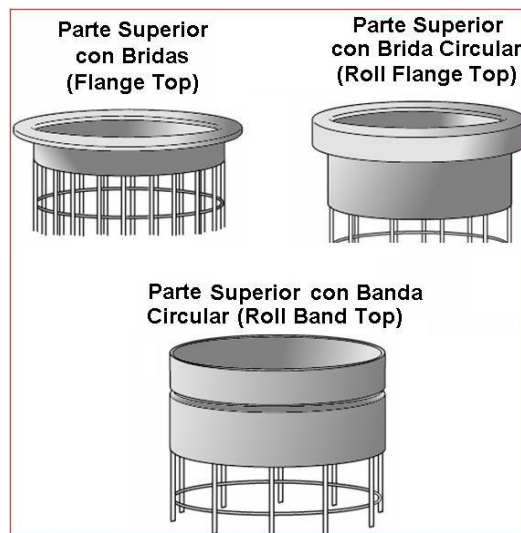


Figura 14. Tipos de canastillas [12].

5.4.4. Fijación de las mangas

Las mangas se aseguran a la lámina portamangas en la parte superior de la cámara de limpieza. En ningún momento el seguro de la manga tiene la función de soportar el peso de la canastilla. La canastilla se soporta desde la lámina portamangas en la parte superior de ésta. Los seguros de las mangas se

utilizan para que las éstas no se suelten durante la limpieza dejando a las canastillas sin superficie filtrante. [12].



Figura 15. Fijación de mangas con fleje metálico. [12].

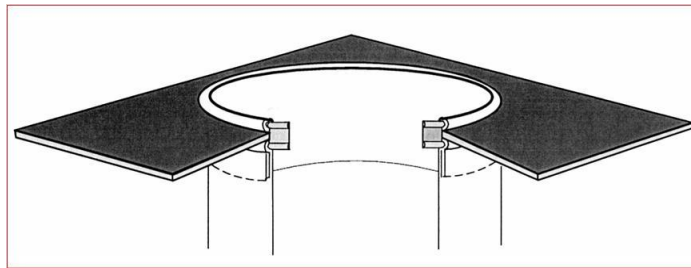


Figura 16. Fijación de mangas con fleje metálico. [12].

5.5. Selección de la tolva de descarga

Por lo general, el polvo tiende a aglomerarse en las paredes de la tolva debido a que las esquinas son rectas. Se recomienda que las esquinas de las tolvas sean redondeadas y que el ángulo de inclinación no sea menor a 55° . [12].

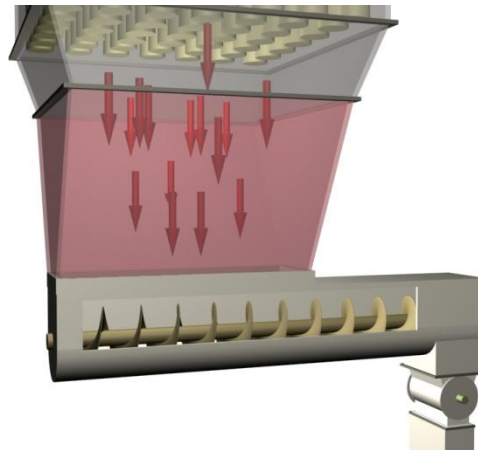


Figura 17. Tolva. [12].

5.6. Cámara de aire limpio

En una cámara de gas limpio del tipo “walk in plenum” se tiene una sola compuerta para entrada y salida, mientras que ante la ausencia de una cámara de este tipo, son varias las compuertas en la parte superior que hay que abrir para el mantenimiento, no olvidando que hay mayor posibilidad de entrada de aire falso al sistema. [12].

5.7. Diseño de ductos

Cuando se trata del diseño de ductos, es necesario encontrar las pérdidas debido a las resistencias friccional y dinámica del sistema. [12].

5.7.1. Cambios de presión en el sistema

Para secciones de ductos de área constante, la pérdida de presión total y la pérdida de presión estática se mantienen constantes. En los puntos de transición en donde aumenta o disminuye la sección transversal, la pérdida de presión de velocidad disminuye de igual manera que la pérdida de presión total, pero la pérdida de presión estática puede disminuir o aumentar, dependiendo de la disminución o aumento de la sección transversal siguiente.

Ductos redondos son preferidos porque ofrecen mayor uniformidad a la velocidad de transporte evitando cambios en el comportamiento de las partículas en el aire o gas y porque pueden soportar presiones estáticas más altas que los ductos cuadrados.

Una adecuada velocidad del gas dentro del ducto permitirá que el polvo sea transportado junto con él.

Básicamente, en cualquier punto del ducto, la velocidad debe estar entre 18 m/s y 20 m/s, porque si tenemos que la velocidad es menor, entonces encontraríamos material segregado a lo largo de la ductería; en cambio, una velocidad muy alta, resultaría en abrasión en el ducto, principalmente en los cambios de dirección o de sección, en donde el perfil de velocidad del flujo tiene mucho que ver.

Las velocidades de diseño pueden ser ligeramente mayores que los valores mínimos, pero nunca deben ser significativamente menores. [12].

5.7.2. Determinación del tamaño del ducto

El tamaño del ducto redondo puede ser determinado a través de la fórmula:

$$Q=A \times V \quad (5)$$

Siendo:

Q = el caudal necesario para el sistema
 A = el área de la sección transversal del ducto
 V = la velocidad de transporte (18 m/s).

Pérdidas en ductos

Para sistemas de desempolvado, es positivo tener codos con la relación $r/D > 1.5$; si la relación es menor a esta cantidad, la abrasión puede reducir el tiempo de vida generando desgaste y pérdidas en el sistema. Frecuentemente se encuentran diseños de ductos con problemas en los codos y variaciones de secciones, causando un acelerado desgaste en las paredes del ducto.

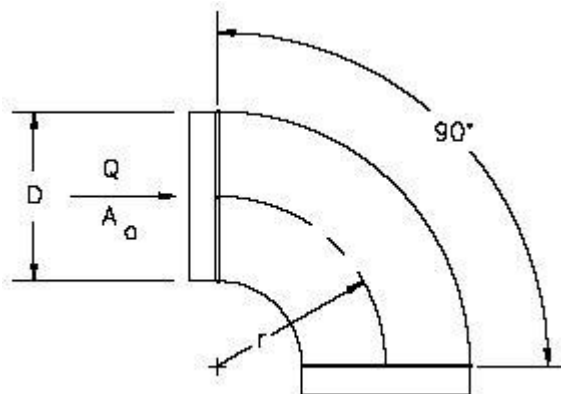


Figura 18. Relación r/D de codos en ductos

Los ductos horizontales deberían ser evitados; grandes consecuencias por efecto de la abrasión y segregación de material se presentan cuando los ductos son horizontales. Para evitar la acumulación de polvo, se recomienda que la pendiente de los ductos para el caso de la caliza y cemento sea 30° , y para el clinker sea 45° , con respecto al eje vertical. [12].



Figura 19. Pendientes en ductos para caliza, cemento y clinker [12].

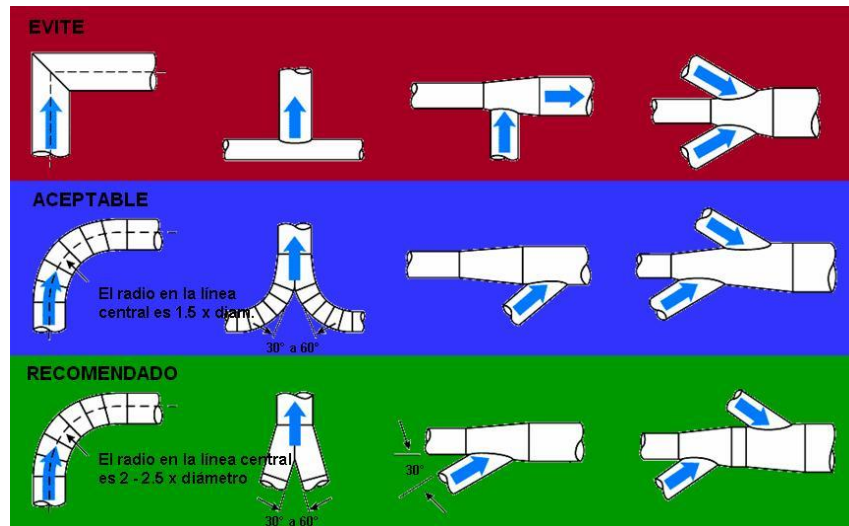


Figura 20. Diseño de ductos. [12].

5.8. Control de limpieza

En colectores tipo pulse-jet, el objetivo de la limpieza no es solo remover el polvo colectado, sino que con esto, se produce un cambio en la presión diferencial del filtro. En unidades con altas velocidades ascendentes, la separación de finas partículas de polvo puede ocurrir, creando una capa de polvo muy densa. Este tipo de situaciones crea una resistencia al flujo de aire y mayores presiones diferenciales.

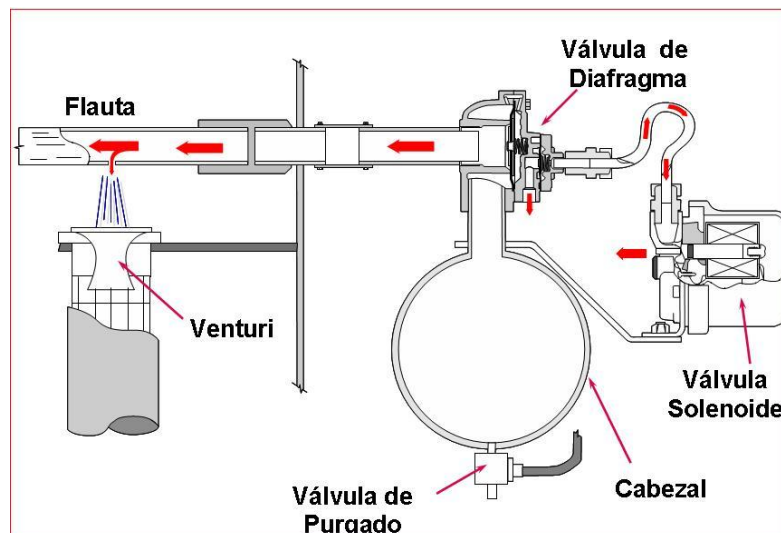


Figura 21. Limpieza por aire comprimido para pulse-jet. [12].

Es esencial para una buena operación del sistema, libre de problemas, que la calidad del aire comprimido sea buena, es decir que este sea seco, además de un buen volumen de aire. Usualmente la presión requerida para la limpieza es de 6 bar. [12].

5.8.1. Secuencia de pulsos

La secuencia de pulsos juega un papel importante en la limpieza, básicamente porque puede provocar el reingreso de material recolectado a la manga. Pulsar una columna que está junto a otra de manera secuencial, puede causar que las partículas finas migren hacia la columna que fue limpiada previamente. Alternar los pulsos entre las columnas puede mejorar la limpieza.

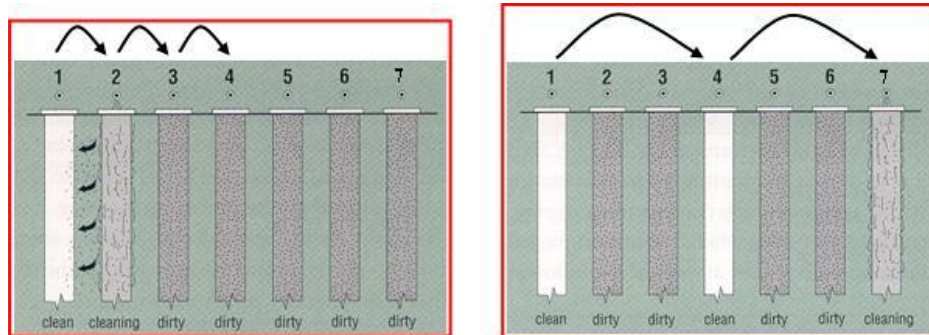


Figura 22. Secuencia incorrecta y correcta de pulsación

Además de eso, una manga limpia presenta menor resistencia al flujo, por lo tanto, la velocidad en las cercanías de esa manga aumentará y con esto, si la columna siguiente junto a esa entra en etapa de limpieza, el material sacudido en lugar de ir hacia la tolva, va a tender a ir hacia las mangas limpias, evitando que la presión diferencial baje notablemente, aumentando los pulsos y consumos de aire comprimido. [12].

5.8.2. Ciclos de pulsación

Los ciclos de limpieza para colectores pulse jet deben ser diseñados de manera que la duración produzca una corto y directo pulso para crear una efectiva onda en la manga. Por lo general, la duración debe estar entre 0.10 y 0.15 segundos.

La frecuencia de la limpieza es importante para tener una adecuada retención de la capa de polvo. Puede variar entre 7 y 30 segundos, pero lo óptimo es utilizar manómetros de presión diferencial para que controlen las frecuencias de limpieza por demanda dependiendo de la presión y no por tiempo, entre la cámara limpia y la cámara de limpieza. [12].

5.8.3. Diafragmas y válvulas solenoides

Para la adecuada selección de la válvula solenoide es necesario tener en cuenta algunos aspectos que son muy importantes para generar el funcionamiento adecuado del colector

- Diámetro de conexión (en pulgadas).
- Orificio interno (en pulgadas).
- Cv Factor de Flujo (adimensional).
- Presión de operación diferencial (en PSI).
- Máxima temperatura del fluido (en °F).
- Modelo.
- Material del cuerpo.
- Material de sellos e internos.
- Voltaje de la bobina.
- Potencia eléctrica.
- Aprobaciones. [14]

5.9.4. Válvula de purga

Las válvulas de purga están concebidas para eliminar el exceso de humedad en el tanque de aire comprimido antes de que entre a la unidad de limpieza, para evitar corrosión, y polvo húmedo en la parte superior de las mangas. [12].

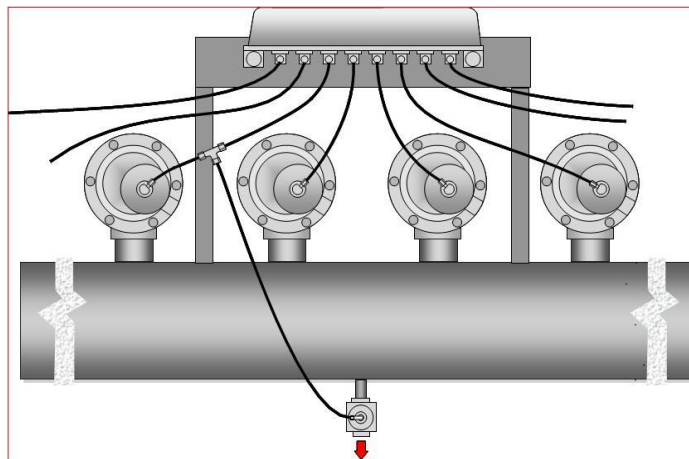


Figura 23. Válvula de purga. [12].

Se puede seleccionar una válvula de purga manual o automática dependiendo de la humedad del sistema de aire, la regularidad de mantenimiento y la accesibilidad al punto de ubicación

6. RESULTADOS

A continuación se muestra los resultados de los cálculos obtenidos, a partir de las ecuaciones que se establecieron antes. Desarrollados en el programa Microsoft Excel facilitando la tabulación y obtención de datos.

6.1. Dimensiones del cuerpo

Los colectores de polvo por lo general son de dos tipos de forma: circular cuando la cantidad de mangas es poca y el cuadrado se usa para pocas mangas como 6 o tantas como 700, todo depende del espacio disponible para el posicionamiento.

El cuerpo se realizó con las medidas expresadas a continuación:

Tabla 6. Características de cuerpo de colector

Dimensiones	Longitud	Diámetro	Material
	1000mm	600mm	Lámina HR Cal. 16



Figura 24. Cuerpo del colector

6.1 Selección del ventilador

Después de una búsqueda, la literatura nos conduce a la siguiente conclusión, en sistemas de control de la contaminación, los ventiladores que se utilizan con mayor frecuencia y brindan muy buenos resultados son los ventiladores centrífugos.

Generalmente para la elección del ventilador se debe realizar el cálculo de las mangas teniendo en cuenta las mediciones que se deben tomar del material que se desea despolvar, en este caso debido a las dimensiones del cuerpo del colector fue necesario contar primero con el ventilador para después calcular todos los aspectos de las mangas

Por lo tanto, para las características del sistema el ventilador centrífugo que mejor se acomoda se presenta en la tabla (6).

Tabla 7. Características del motor

Características	
Marca	General Electric
Modelo	5KH39QN1504CX
Potencia	1/3HP-60HZ
Voltaje	115V
Frecuencia	3450RPM



Figura 25. Ventilador seleccionado

6.2. Relación aire tela

Para hallar la relación aire tela se despejó la ecuación (1) donde se obtuvo como resultado $A/T = 4.8824 \text{ m}^2/\text{min}$ por lo que se puede afirmar que el colector está entre el rango permitido para filtros tipo Pulse-Jet como se muestra en la tabla (6)

Tabla 8. Relaciones aire tela estándares para filtro tipo pulse-jet

Tipo de filtro según mecanismo de limpieza	Rango estándar permitido (m^2)	Relación aire tela ($\text{m}^3/\text{m}^2/\text{min}$)
Filtro pulse-jet	1.50-1.80	5.0-6.0:1

6.3. Dimensionamiento de mangas

La eficiencia de la limpieza depende directamente de las dimensiones de las mangas y de la cámara de aire limpio del filtro, las industrias procuran tener las dimensiones de las mangas estandarizadas por cuestiones de almacenaje y por eso se ha tratado de hacer coincidir las dimensiones en esta fabricación

Las mangas fabricadas cuentan con las siguientes características:

Tabla 9. Características de mangas filtrantes

Características	Longitud	Diámetro	Material
	600mm	140mm	Indufelt siliconizado

La ecuación (4) a nos indica que la condición se cumple solo si la el resultado obtenido es menor o igual que 25 y desarrollando la ecuación tenemos como resultado 4.2557, por tanto no habrá problemas durante el montaje y mantenimiento



Figura 26. Mangas

6.4. Selección de canastillas

Las canastillas se seleccionaron de acuerdo a las recomendaciones de los fabricantes donde la cantidad de varillas depende del diámetro de la manga en este caso se fabricaron canastillas con 10 varillas ubicadas verticalmente, y con diseño de parte superior con brida circular con ventury incluido (roll flange top), pues proporcionar mayor sello entre la manga y el espejo, actualmente son las más utilizadas



Figura 27. Canastillas

6.5. Selección de la tolva de descarga

Por la propiedad de abrasión que tiene el cemento es necesario que el ángulo de inclinación de la tolva sea mayor a 57° , entonces se realizó la fabricación con un ángulo de $60,38^\circ$

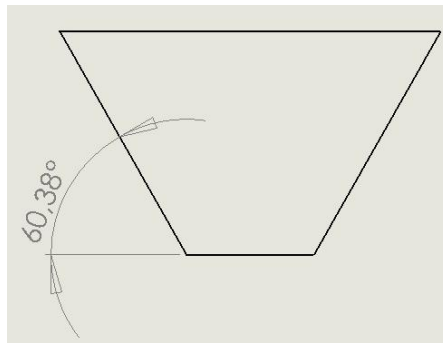


Figura 28. Ángulo de la tova fabricada

6.6. Diseño de ductos

Para el diseño de las succiones es necesario tener en cuenta el espacio para disposición de la tubería y las posibles pérdidas de velocidad a lo largo de la acometida, en este filtro como no se tiene definido el equipo a despolvar, se le realizó la instalación de una pequeña succión que cumple con los requisitos básicos para evitar cambios bruscos en la presión estática y velocidad del transporte del material. La velocidad oscila entre 18 y 20 m/s pues de no ser así nos encontraríamos con problemas de taponamiento o abrasión en la tubería.

6.6.1 Determinación del tamaño del ducto de succión

El tamaño del ducto de la succión se determinó resolviendo la ecuación (5) donde sabemos que el caudal es de $0.1288\text{m}^3/\text{s}$, y la velocidad de transporte es de 18m/s como lo indica la literatura, obteniendo como resultado el área de la sección transversal de 11.0933inch^2

6.6.2. Pérdidas en ductos

Como en las tuberías de succión es positivo instalar codos que cumplan con una relación $r/D < 1.5$, entonces se realizó la instalación de 3 codos con el fin de minimizar el uso de secciones horizontales, pues el uso de este tipo de secciones hace que sea mayor la abrasión y produzca taponamientos evitando el correcto funcionamiento del sistema, para el transporte de cemento recomiendan que el ángulo de inclinación de la tubería sea de 30°



Figura 29. Succión fabricada

Tabla 10. Secciones de la succión

Sección	Cantidad	Diámetro	Longitud	Material
Codos a 90°	3	3 pulgadas		PVC
Tubo	1	3 pulgadas	13mm	PVC
Tubo	1	3 pulgadas	15mm	PVC
Tubo	1	3 pulgadas	10mm	PVC

6.3. Control de limpieza

Para el control de limpieza se utilizó una válvula solenoide marca Asco y se realizó la fabricación de un pulmón para almacenamiento de aire cuidadosamente soldado vigilando que no queden poros que permitan fugas pues esto interrumpiría la correcta limpieza de las mangas. Además se instaló una válvula para el mantenimiento del pulmón con el fin de drenar líquido

proveniente de la red de aire y evitar el paso de humedad a través de las flautas.

Las flautas se realizaron en tubería galvanizada de 1/4" de diámetro con accesorios como uniones en cruz con rosca y tapones roscados.

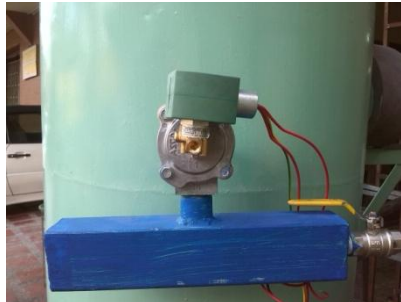


Figura 30. Sistema de almacenamiento y suministro de aire

6.3.1. Secuencia de pulsos

Para el diseño de los pulsos del colector fabricado se decidió hacer un solo pulso de sacudido de las mangas pues generar más pulsos obliga a tener más válvulas solenoides y su costo es elevado, además la literatura indica que los múltiples disparos se recomiendan en colectores de cantidades de mangas considerables para garantizar la limpieza de todo el sistema

6.3.2. Ciclos de pulsación

Los ciclos de limpieza ideales según las recomendaciones de los diferentes fabricantes deben ser de 15 segundos, y para este colector el temporizador se programo para que durante ese lapso de tiempo las flautas inyecten el aire a las mangas y puedan realizar una efectiva limpieza.

La frecuencia de la limpieza fue programada para realizarse cada 30 segundos que es el tiempo máximo y adecuado para el tipo de material que se desea filtrar

6.3.3. Diafragmas y válvulas solenoides

Para el sistema se utilizó una válvula solenoide marca Asco



Figura 31. Válvula de disparo Asco. [13].

Tabla 11. Características de válvula Asco. [13].

General		
Presión Diferencial (PS)	0.35-8.5bar [1bar= 100kPa]	
Rango de temperatura ambiente	-20 a 85 °C	
Fluidos(*)	Rango de temperatura (TS)	Diafragma (*)
Aire	-40 a +85 °C	TPE (3/4 und 1)
	-20 a +85 °C	CR (1 ½)
MATERIALES EN CONTACTO CON FLUIDOS		
(*)Comprobar la compatibilidad de los fluidos en contactos con los materiales de los diafragmas		
Cuerpo: Aluminio/ Acero inoxidable 316L		
Resorte: Acero inoxidable		
Diafragma: TPE (poliéster termoplástico elastómero oder) CR (Cloropeno)		

Tabla 12. Características principales colector fabricado

CARACTERÍSTICAS COLECTOR DE POLVO		
PIEZA	CARACTERÍSTICAS	DIMENSIONES
CUERPO	Acero carbono Cal. 16.	Ø= 600mm H= 1000mm
TAPA	Acero carbono Cal. 16.	Ø= 600mm H= 100mm
TOLVA	Acero carbono Cal. 16.	Ø ₁ = 600mm Ø ₂ = 200mm H= 350mm
MOTOR	General Electric 1/3 hp Monofásico 115v 3450rpm	
MANGAS	Indufelt siliconizado Tipo Snap Band	Ø= 140mm H= 600mm
CANASTILLAS	Acero 12 varillas Con ventury	Ø= 140mm H= 600mm
SUCCIÓN	Tubería PVC Fijada con pegante Especial	Ø= 3"
PULMÓN	Perfil mecánico soldado de 3/16 de espesor Con llave de paso de Ø= 1/2"	H= 2.5"
TEMPORIZADOR	Crouzet, crhonos 2 Relé temporizado 24-240v 0.1seg-100hrs 8A	
FLAUTAS	Acero galvanizado, niples, tapones, y crucetas.	Ø= 1/4"
VÁLVULA DE DISPARO	Asco Acero inox. Solenoides 2/2 Diafragma CR 1 1/2 110v	Ø= 1"



Figura 32. Colector de polvo Fabricado

7. CONCLUSIONES

- Una de las principales conclusiones que se pueden obtener de este trabajo es, que en base a la metodología de cálculo para el diseño y posterior fabricación del colector de polvo fue la adecuada y la más ajustada a la experiencia de las personas que se involucraron, y las necesidades que se tenían al inicio del proyecto.
- Según los resultados de la fabricación podemos afirmar que el equipo está en capacidad de operar en una planta cementera o de concreto, despolvando un equipo donde la contaminación emitida sea relativa a la capacidad del colector
- De los resultados obtenidos podemos afirmar que para el cálculo de un colector de polvo se debe hacer un estudio exhaustivo del área donde se presenta el problema ambiental, del espacio para ubicación del equipo, acometida neumática, y facilidad para instalación de succiones.
- Es muy importante tener claro las características del material a despolvar, la temperatura del proceso, el tamaño de las partículas, resistencia a la abrasión y la calidad del aire para obtener un filtro eficiente con buenas condiciones de trabajo

8. RECOMENDACIONES

- Para la instalación del colector de polvo se debe modificar y recalcular la succión de acuerdo a las características del equipo que se desea despolvar y los estándares de tubería.
- Cambiar constantemente el empaque de la brida del motor y de la tapa de la tolva para evitar fugas de material particulado.
- Se debe hacer mantenimiento preventivo a los elementos de filtración (mangas) con el fin de tener un seguimiento del desgaste.
- Realizar continuamente drenado del pulmón y filtro regulador del sistema neumático para garantizar un aire limpio y sin humedad
- Revisar constantemente la estructura en busca de algún indicio de oxidación pues el oxido produce poros y por tanto entrada de aire falso
- Conectar el motor a una fuente estable de energía
- Para que haya una cantidad de aire suficiente se debe realizar el acople apropiado de las flautas con sellante para no provocar pérdidas por fugas.

BIBLIOGRAFÍA.

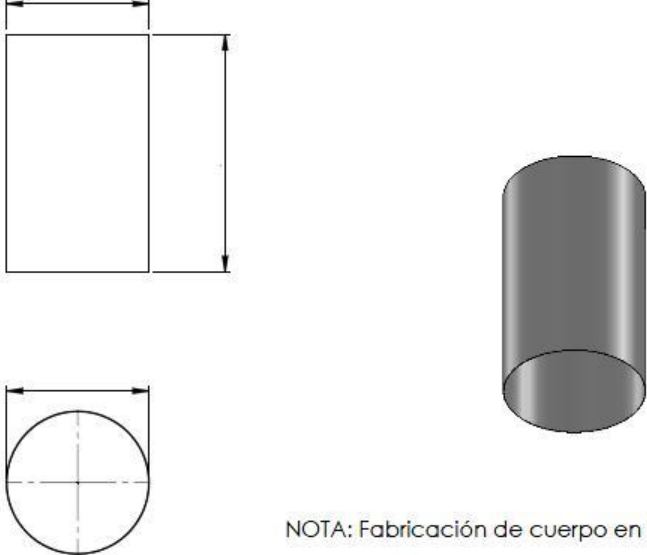
- [1.]. EMISON. (Online.). www.emison.com. (citado el 12 de Noviembre de 2012). <http://www.emison.com/1183.htm>
- [2]. INGENIERIA DEL MEDIO AMBIENTE INGEMOL SA. (2008). Seminario Fundamentación, diseño, aplicación y mantenimiento de los filtros de mangas autolimpiantes. (pág. 230). Rioclaro, Antioquia.
- [3]. DISEÑO Y FABRICACIÓN DE MAQUINARIA D&F S.A. (Online). Visión y Misión. (Citado en Septiembre de 2012). <http://www.dyf.com.co/corporativo/mision-vision.html>
- [4] INDUSTRIAS PROTÓN LTDA. (Online). Quienes Somos. (Citado en Septiembre de 2012). http://www.proton-colombia.com/es/index.php?option=com_content&view=selection&layout=blog&id=4
- [5]. INGEAIRE. (Online). Quienes somos, Misión, Visión, Valores Corporativos. (Citado en Septiembre de 2012). <http://www.ingeaire.com/nosotros.html>
- [6]. INSTITUTO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE FILTRACIÓN CON TEXTILES, "IESFIT". (Online). El aire que nos rodea cada vez más contaminado. (Citado en Octubre de 2012), <http://iesfit.com/blog/?p=123>
- [7]. MARTINEZ ALDRETE, Luis Francisco. Enfermedades por inhalación de polvos. Exposición. Facultad de medicina de la universidad Autónoma de Coahuila. México, <http://www.slideshare.net/chisco879/enfermedades-por-inhalacin-de-polvos>
- [8]. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE REPÚBLICA DE COLOMBIA. (Online) (Agosto de 1997). Política nacional de producción más limpia. Propuesta generada al Consejo Nacional Ambiental. (Citada en Noviembre de 2012), http://www.crc.gov.co/files/Respel/Politica_PL.pdf
- [9]. MEDIO AMBIENTE. (Online) Protocolo de Kioto (Citada en Noviembre de 2012); http://www.maristascordoba.com/3-ESO-WEB-CAMBIO-CLIMATICO/WEBs/3C-4/protocolo_de_kioto.html
- [10]. FEDERACIÓN DE CAFETEROS. (Online). Guía ambiental para el sector cafetero; Política de producción más limpia (Citada en Octubre de 2012); <http://www.federaciondefeteros.org/static/files/10Capitulo8.pdf>

- [11]. CONTROL DE EMISIONES S.A.S, Imagen colector de polvo, tipo Pulse-Jet, Planta Concretos Argos Puerto Galicia; (Citado en Septiembre de 2011)
- [12]. ARIAS LLORENTY, Juan Andrés. (Online). Auditoria al sistema de desempolvado del área de trituración de caliza en la planta Cerro Blanco de Holcim Ecuador S.A. (Citado en Septiembre de 2012), Capitulo 3. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/5531>
- [13]. INDUAMBIENTE, (Online) Datos para ventilar (Citado en Noviembre de 2013); <http://www.induambiente.com/ventilaci-n/datos-para-ventilar.html>
- [14] ASCO EXPRESS, (Online) Catalogo, (Citado en Noviembre de 2013); <http://www.ascovalve.com/Common/PDFFiles/Product/ASCOExpressMex.pdf>
- [15]. ASCO NEUMATICS, (Online) Dust collector System, Catálogo Remote Pulse Valves and Tank system, Pulse valves, single stage, remote pilot threaded body or compression fitting. (Citado en Octubre de 2013); http://www.asconumatics.eu/images/site/upload/_en/pdf1/x003bagb.pdf

ANEXOS

Anexos 1. Planos Colector de polvo

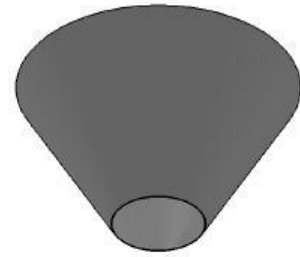
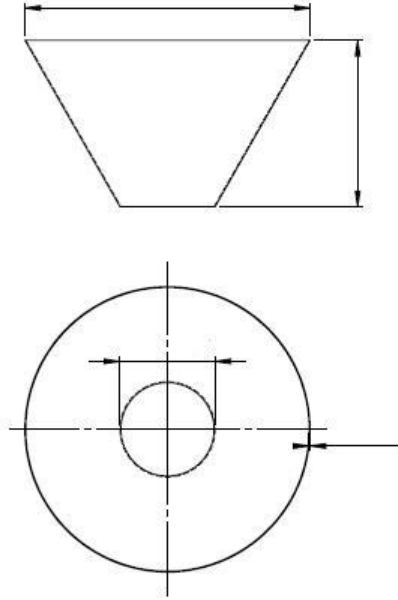
1. Cuerpo



NOTA: Fabricación de cuerpo en lámina Cal 2mm

	NAME	DATE	Colector de polvo		
DRAWN	S.M.Z		TITLE:		
CHECKED			CUERPO		
ENG APPR.					
MFG APPR.					
Q.A.					
COMMENTS:			SIZE	DWG. NO.	REV
			A	cuerpo	
			SCALE: 1:20	WEIGHT:	SHEET 1 OF 1

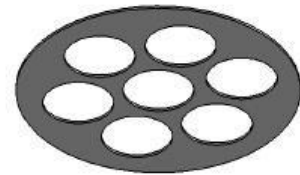
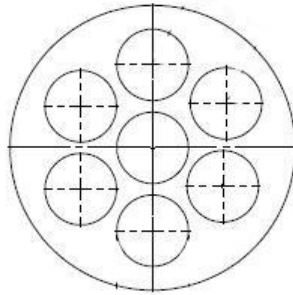
2. Tolva



NOTA: Tolva fabricada en lámina Cal. 2mm.
Todas las medidas en mm.

		NAME	DATE	COLECTOR DE POLVO		
DRAWN	S.M.Z			TITLE:		
CHECKED				TOLVA		
ENG APPR.						
MFG APPR.						
Q.A.						
COMMENTS:				SIZE	DWG. NO.	REV
				A	tolva	
				SCALE: 1:10	WEIGHT:	SHEET 1 OF 1

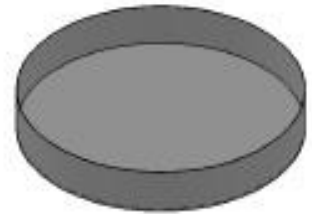
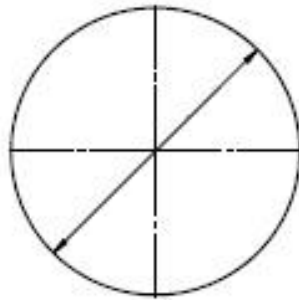
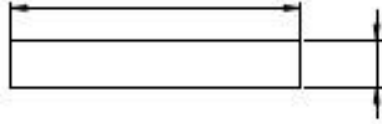
3. Espejo



Nota: Todas las medidas en milímetros
Los agujeros son equidistantes
Fabricación en lámina Cal. 16

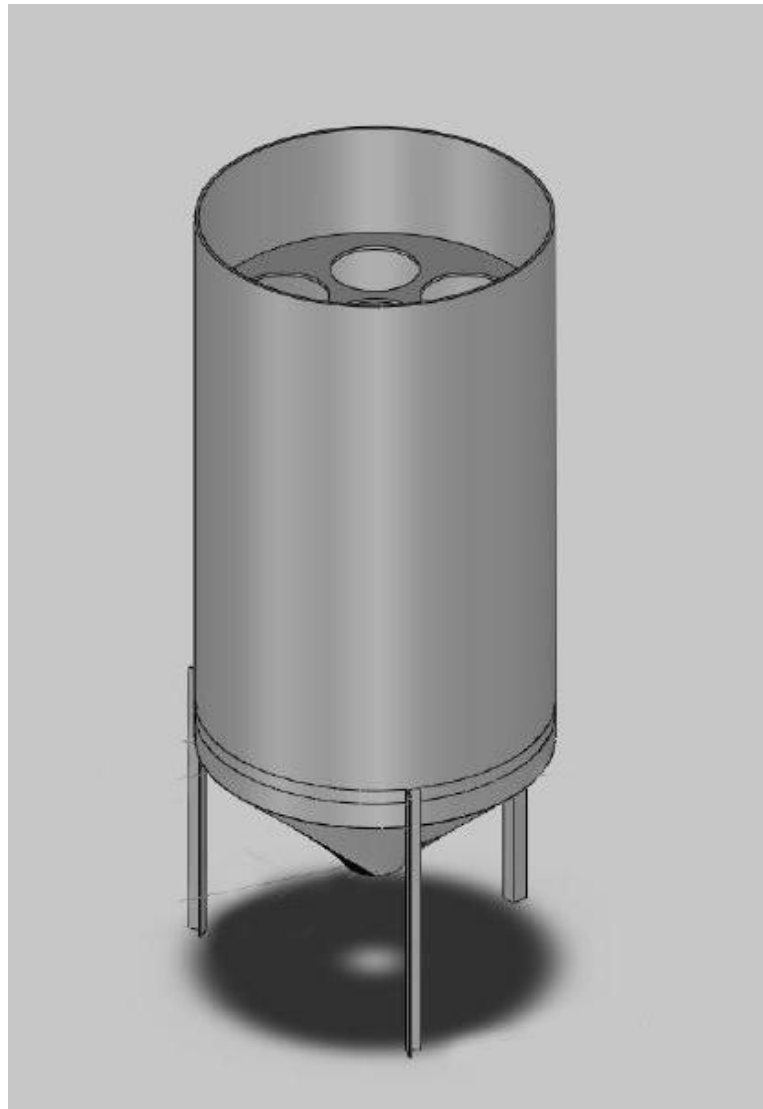
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE	Colector de polvo		
DIMENSIONS ARE IN INCHES		DRAWN	S.M.Z			TITLE:
TOLERANCES:		CHECKED		ESPEJO		
FRACTIONAL \pm		ENG APPR.				
ANGULAR: MACH \pm BEND \pm		MFG APPR.				
TWO PLACE DECIMAL \pm		Q.A.		SIZE	DWG. NO.	REV
THREE PLACE DECIMAL \pm		COMMENTS:		A	espejo	
INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:				SCALE: 1:10	WEIGHT:	SHEET 1 OF 1
MATERIAL						
FINISH						
DO NOT SCALE DRAWING						

4. Tapa



	NAME	DWG	Colector de polvo	
DESIGN	S.M.Z		TITLE:	
CHECKED			TAPA SUPERIOR	
ENG APPR.			SIZE	DWG. NO.
MFG APPR.			A	tapa
I.S.A.			SCALE: 1:10	WEIGHT:
COMMENTS:				REV
				SHEET 1 OF 1

5. Ensemble



Anexos. 2. Evidencia de la fabricación del colector de polvo



Figura 33. Soldado de estructura

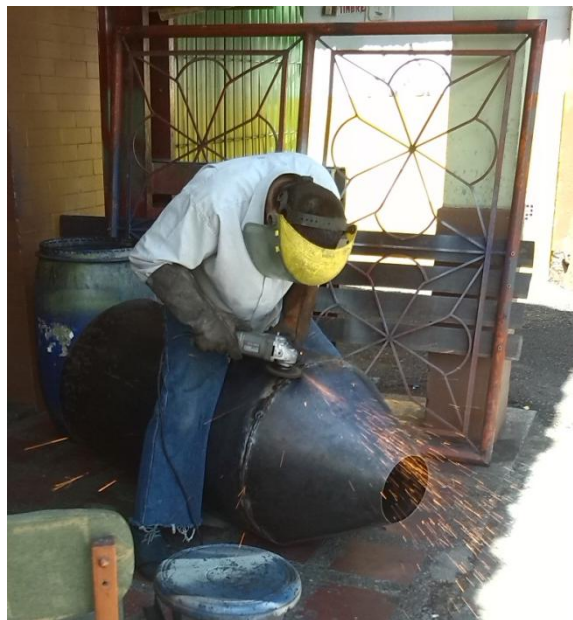


Figura 34. Pulido de estructura



Figura 35. Montaje de succión, pulmón y acople del ventilador



Figura 36. Fijación de flautas



Figura 37. Fijación de espejo y ubicación de mangas



Figura 38. Aplicación de pintura



Figura 39. Instalación de motor ventilador